علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۴۷، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹۵ (ص ۲۸۹-۲۷۷) DOI: 10.22059/ijfcs.2016.58862

تأثیر خاک‌ورزی حفاظتی و متداول با مدیریت بقایا بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی گندم (*Triticum aestivum* L.)

ابوالفضل فلاح هروی[1*]، حمید عباس‌دخت[2]، احمد زارع فیض‌آبادی[3] و احمد غلامی[4]
۱، ۲ و ٤. دانشجوی دکتری و دانشیاران، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه شاهرود
۳. استاد، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی مشهد
(تاریخ دریافت: ۱۳۹٤/٤/۷ - تاریخ تصویب: ۱۳۹٤/۹/۹)

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر خاک‌ورزی حفاظتی و متداول با مدیریت بقایا بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی گندم، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل: الف) شیوه‌های خاک‌ورزی در سه سطح (خاک‌ورزی متداول، کمترین شخم، بدون شخم) و ب) مدیریت بقایا در سه سطح (۰، ۳۰ و ٦۰درصد بقایا) بودند. نتایج نشان داد که محتوای نسبی آب برگ، تفاوت دمای سایه‌انداز با محیط، محتوای سبزینهٔ (کلروفیل) برگ (خواندن SPAD)، سطح برگ پرچم، پتانسیل آب برگ، تشعشع جذب‌شده در بین روش‌های مختلف خاک‌ورزی اختلاف معنی‌داری داشتند و بیشترین مقادیر صفات یادشده در تیمار بدون شخم به دست آمد که به ترتیب معادل ۸۳ درصد، ۷/۳٦ c^o-، ٤۷/۳۵، ۲٦/۳ cm^2، ۱۱/۱۹ bar- و ۹۰/۲۲ درصد بود. در میزان مختلف کاربرد بقایا، محتوای نسبی آب برگ، تفاوت دمای سایه‌انداز با محیط و تشعشع جذب‌شده اختلاف معنی‌داری داشتند اما در خواندن SPAD، سطح برگ پرچم و پتانسیل آب برگ تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. بالاترین عملکرد دانه در تیمار بدون شخم (٦۹۱۲/۲ کیلوگرم در هکتار) و در بقایای ٦۰ درصد (٦۹۸۰/۸ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد. آزمایش نشان داد خاک‌ورزی حفاظتی همراه بقایای بیشتر روی سطح خاک می‌تواند باعث بهبود برخی از ویژگی‌های فیزیولوژیکی شامل محتوای نسبی آب برگ، تفاوت دمای سایه‌انداز با محیط، خواندن SPAD، سطح برگ پرچم، پتانسیل آب برگ، تشعشع جذب‌شده و عملکرد گندم شود.

واژه‌های کلیدی: بدون شخم، تشعشع، دمای سایه‌انداز، گندم، محتوای نسبی آب.

مقدمه

گندم محصولی است که ۲۰۰ میلیون هکتار از اراضی زراعی جهان را به خود اختصاص داده و ۲۱ درصد از غذای مردم را تأمین می‌کند (Ortiz *et al.*, 2008). خاک‌ورزی حفاظتی شامل سه اصل اساسی کمینهٔ بهم‌زدن خاک، انجام تناوب زراعی و پوشش مداوم زمین با بقایای گیاهی است (Baker & Saxton, 2007). در خاک‌ورزی حفاظتی بایستی دست‌کم ۳۰ درصد از بقایا روی سطح خاک باقی بماند (Govaerts *et al.*, 2009). سطح کشت گیاهان مختلف به روش بدون شخم (حفاظتی) در جهان از ۴ میلیون هکتار در سال ۱۹۸۷ به ۱۲۵ میلیون هکتار در سال ۲۰۱۱ رسیده است که ۲۱ درصد آن در ایالات متحدهٔ امریکا انجام می‌شود (Friedrich *et al.*, 2012). افزایش آب قابل‌دسترس گیاه اغلب نخستین اثر شایان‌توجه کشت بدون شخم است که بقایا و دست‌کم به هم زدن خاک،

* تلفن: ۰۹۱۵۵۰۷۴۳۹۲
E-mail: falahheravi@yahoo.com

تبخیر را کاهش و نفوذپذیری را افزایش می‌دهد (Baker & Saxton, 2007). عملیات شخم ویژگی‌های فیزیکی خاک, ظرفیت نگهداری آب و خاکدانه‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Mathew *et al*., 2012). عملکرد دانه ارتباط مثبتی با بعضی از ویژگی‌های فیزیولوژیکی گندم از جمله محتوای نسبی آب برگ، خواندن SPAD و تفاوت دمای سایه‌انداز با محیط دارد. افزایش محتوای نسبی آب برگ منجر به افزایش هدایت روزنه‌ای و افزایش دوام سبزینهٔ (کلروفیل) گیاه و همچنین افزایش تفاوت دمای سایه‌انداز با دمای محیط می‌شود (Fanaei *et al*., 2009). نتایج آزمایش‌های Singh *et al*. (1995) در بررسی ارتباط ویژگی‌های فیزیولوژیکی گندم با اجزاء عملکرد، تأکید بر ارتباط مثبت و معنی‌دار مابین سطح برگ پرچم و عملکرد دانهٔ گندم دارد. تولید زیست‌توده به‌طور مستقیم مرتبط با میزان تشعشع جذب‌شده توسط تاج‌پوشش (کانوپی) است که خود تحت تأثیر مدیریت‌های زراعی قرار می‌گیرد (Caviglia *et al*., 2004). کاهش رطوبت خاک دسترسی ریشه‌ها به آب را محدود و از این راه موجب کاهش سطح برگ گندم می‌شود (Van Itersum *et al*., 2003). ظرفیت نگهداری آب در نظام بدون شخم با حفظ بقایا در مقایسه با حذف بقایا، بیش از ۱/۱ برابر است (Patino-Zuniga *et al*., 2009). تفاوت دمای سایه‌انداز و دمای هوا همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانهٔ گندم نان دارد (Rees *et al*., 1993). در نظام بدون شخم با حفظ بقایا در سطح، تغییرپذیری دمای خاک نسبت به نظام شخم متداول و بدون شخم با حذف بقایا، کمتر است (Verhulst *et al*., 2010). آزمایش‌های درازمدت نشان داده که، بالاترین میزان کربن آلی خاک در لایهٔ ۰ تا ۵ سانتی‌متری در نظام بدون شخم با حفظ بقایا به دست می‌آید (Fuentes *et al*., 2010). نظام بدون شخم با حفظ بقایا در مقایسه با نظام شخم متداول باعث بهبود وضعیت خاکدانه‌ها و افزایش ثبات آن‌ها می‌شود (Govaerts *et al*., 2009). نظام شخم، تناوب و مدیریت بقایا، رشد و نمو را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Verhulst *et al*., 2011). عملیات بدون خاک‌ورزی در مقایسه با عملیات متداول در یک دورهٔ چندساله منجر به افزایش عملکرد گندم شد (Tarkalsona *et al*., 2006). در کشت بدون شخم با حفظ بقایا روی سطح خاک بالاترین عملکرد و بهترین کیفیت خاک به دست آمد (Ceja-Navarro *et al*., 2010a). در کشاورزی نه تنها لازم است عملکرد مناسبی داشته بلکه بایستی پایدار نیز بماند (Reynolds & Borlaug, 2006). عملیات شخم حفاظتی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و میکروبیولوژیکی خاک را بهبود می‌بخشد (Mathew *et al*., 2012). کشاورزی حفاظتی هزینهٔ تولید را کاهش، ثبات عملکرد را افزایش و تولید را پایدارتر می‌کند (Ortiz *et al*., 2008). کشاورزی حفاظتی قابلیت (پتانسیل) افزایش عملکرد، تولید پایدار و بهبود امنیت غذایی را دارد (Marongwe *et al*., 2011). هدف در این بررسی روش‌های کشاورزی حفاظتی و تعیین تأثیر عملیات مختلف خاک‌ورزی و مدیریت بقایا بر عملکرد و وضعیت تولید گندم بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در مزرعهٔ ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی طرق مشهد با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۳ دقیقهٔ شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۴۰ دقیقهٔ شرقی با ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا به اجرا درآمد. بافت خاک لومی و بر پایهٔ تقسیم‌بندی آمبرژه در منطقهٔ خشک و سرد قرار داشت. تیمارهای آزمایش عبارت بودند از: الف) شیوه‌های مختلف خاک‌ورزی در سه سطح شامل: ۱- شیوهٔ متداول خاک‌ورزی (شخم + دیسک + تسطیح + کاشت با بذرکار)، ۲- شخم کاهش‌یافته (چیزل پکر + کاشت با بذرکار) و ۳- بدون شخم (کاشت مستقیم با بذرکار) در کرت‌های اصلی و ب) مدیریت بقایای گیاهی در سه سطح شامل: ۱- بدون بقایا، ۲- حفظ ۳۰درصد بقایا و ۳- حفظ ۶۰درصد بقایای گیاهی در کرت‌های فرعی قرار داده شدند. آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با نه تیمار در سه تکرار به اجرا درآمد. در روش بدون شخم با بذرکار کشت مستقیم کشت انجام شد. در روش کم خاک‌ورزی یک

نوبت چیزل پکر استفاده و سپس برای کشت از بذرکار استفاده شد. در روش متداول، خاک‌ورزی توسط گاوآهن برگرداندار و دیسک اجرا و سپس کشت با بذرکار انجام شد. پیش از انجام آزمایش از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌گیری انجام و به‌منظور تعیین ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی به آزمایشگاه ارسال شد. ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول۱. نتایج تجزیهٔ خاک محل آزمایش

Table 1. Analysis of the soil of experimental farm

Texture	P ($mg\ kg^{-1}$)	N ($g\ kg^{-1}$)	K ($g\ kg^{-1}$)	Organic matter ($g\ kg^{-1}$)	pH	EC* (dS/m)
Loam	6.5	0.6	0.185	4.6	7.9	1.07

* EC: Electrical conductivity of the saturation extrac EC: هدایت الکتریکی عصارهٔ اشباع

تاریخ کشت پانزدهم آبان ماه بود. به‌منظور محاسبهٔ میزان بقایا، از عملکرد زیست‌توده (بیولوژیک) و شاخص برداشت استفاده و با تغییر ارتفاع برداشت توسط هد کمباین بخشی از بقایای محصول سال پیش (ذرت) به‌صورت ایستاده و مابقی روی سطح خاک پخش شد. از رقم گندم پارسی برای کشت استفاده شد. ابعاد هر کرت فرعی آزمایشی ۳۰×۱۲ متر (۳۶۰ مترمربع) با ۷۰ ردیف کشت و فاصله‌های ردیف ۱۷ سانتی‌متر بود. همچنین بین هر دو کرت آزمایشی، ۱ متر فاصله در نظر گرفته شد. مساحت هر کرت اصلی ۱۰۸۰ مترمربع و مساحت کل آزمایش ۹۷۲۰ مترمربع بود. آمار هواشناسی منطقه برابر جدول ۲ بود.

جدول ۲. آمار هواشناسی منطقه

Table 2. Statistics local meteorological

Crop year	Mean annual rainfall (mm)	Mean annual temperature (ºC)	Mean maximum temperatures (ºC)	Mean minimum temperatures (ºC)	Mean relative humidity (%)
2013-2014	201.2	15.7	22.5	8.7	44.3
Long time	254.3	14.8	21.8	8.1	55

سامانهٔ آبیاری، تحت‌فشار و با استفاده از لوله‌های نواری تیپ بود. میزان کود مصرفی برای هر گیاه بر پایهٔ نتایج اولیهٔ تجزیهٔ خاک و برای همهٔ تیمارها یکنواخت و به میزان ۱۵۵ کیلوگرم در هکتار دی‌آمونیوم فسفات و ۱۲۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره بود. یک‌سوم کود نیتروژن و همهٔ کود فسفره و پتاسه موردنیاز هم‌زمان با کاشت و مابقی کود نیتروژن در دو مرحلهٔ آغازین ساقه رفتن و در آغاز ظهور سنبله مصرف شد. میزان بذر مصرفی بر پایهٔ تراکم ۴۵۰ بذر در مترمربع و با توجه به وزن هزاردانه ۴۰ گرم، میزان بذر موردنیاز برای ۱ مترمربع ۱۸ گرم و برای یک هکتار۱۸۰ کیلوگرم تعیین شد. علف‌های هرز با استفاده از علف‌کش 2-4-D در پیش از ساقه‌دهی کنترل شدند. سطح برگ در شش مرحله از مراحل مهم رشدی شامل دو تا سه برگی (۲۶ روز پس از کاشت)، آغاز پنجه‌زنی (۵۹ روز پس از کاشت)، در آغاز طویل‌شدن ساقه (۱۱۴ روز پس از کاشت)، طویل‌شدن ساقه (۱۴۹ روز پس از کاشت)، ظهور سنبله (۱۸۱ روز پس کاشت) و مرحلهٔ خمیری (۲۱۱ روز پس از کاشت) با برداشت مجموع دو ۰٫۵ متر طول از هر کرت از سطح خاک انجام و به آزمایشگاه منتقل شد. اندازه‌گیری سطح برگ با استفاده از دستگاه دیجیتال (LI-3100C Area meter USA Nebraska،lincoln) انجام شد. برای اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ، از برگ‌های پرچم بیست تکه پانچ شد و پس از توزین آن‌ها با ترازوی دیجیتال (با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم) درون آب مقطر به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۴ درجهٔ سلسیوس درون یخچال قرار داده شد تا آماس کنند. سپس وزن آماس اندازه‌گیری شد و نمونه‌ها ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجهٔ سلسیوس در آون قرار داده شدند و وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری و محتوای نسبی آب برگ محاسبه شد (Gonzalez &

Gonzalez-vilar, 2001). دمای سایه‌انداز با استفاده از دماسنج مادون‌قرمز دستی (testo-Quicktemp 850-1 infrared thermometer) در مرحلهٔ ظهور سنبله و پر شدن دانه‌ها پیش از آبیاری انجام شد (Rees *et al*., 1993). خواندن SPAD در مراحل آغازین سنبله‌دهی و آغاز پر شدن دانه برای متوسط پنج نقطه از پنج برگ پرچم و با دستگاه MINOLTA CO-LTD (JAPAN) انجام شد (Pasban-Eslam *et al*., 2000; Rees *et al*., 1993). اندازه‌گیری میزان نفوذ تشعشع به درون سایه‌انداز با دستگاه (Sun scan – type ss1 DELTA-T DEVICES Cambridge-England) در مراحل سنبله‌دهی، گل‌دهی و پر شدن دانه از ساعت ۱۲ تا ۱۴ و در سه جهت در زیر سایه‌انداز و همچنین بالای سایه‌انداز (با آسمان بدون ابر و اندازه‌گیری دمای محیط) انجام شد (Oconnell *et al*., 2004; Purcell, 2000; Rosyara *et al*., 2008). به‌منظور اندازه‌گیری پتانسیل آب برگ در مرحلهٔ دانه‌بندی از برگ‌های پرچم که در یک جهت نسبت به آفتاب قرار داشتند و تا پیش از ساعت ۹ صبح انجام شد. نمونه‌ها پس از برداشت در پلاستیک و در کلمن محتوای یخ با فاصله قرار داده شد و بی‌درنگ به آزمایشگاه منتقل و با دستگاه اتاقک محفظه فشار (ARIMAD 3000 – D 530 Digital plant water) اندازه‌گیری انجام شد (Choudhury & Idso, 1985; Sato *et al*., 2006). پس از رسیدگی ۲ مترمربع از هر کرت برداشت و سپس وزن کل و وزن دانه‌ها اندازه‌گیری شد. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ (برای تشعشع، محتوای نسبی آب، خواندن SPAD و تفاوت دمای سایه‌انداز با محیط از کرت‌های خردشده در زمان استفاده شد) و مقایسهٔ میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

تفاوت دمای سایه‌انداز با محیط (Δt)

مقایسهٔ میانگین‌ها نشان داد تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر تفاوت دمای سایه‌انداز با محیط معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین تفاوت مربوط به روش بدون شخم ۷/۳۶- درجهٔ سلسیوس به دست آمد که نسبت به کمینهٔ شخم (۶/۶۴- درجهٔ سلسیوس) ۱۱ درصد و نسبت به روش متداول (۵/۵۱- درجهٔ سلسیوس) ۳۳/۵ درصد افزایش نشان داد (جدول ۶). شرایط آبی مناسب باعث کاهش دمای سایه‌انداز شد و سامانه‌های سوخت‌وساز (متابولیسم)، نورساخت (فتوسنتز) و انتقال تحت تأثیر دمای سایه‌انداز قرار گرفتند. ارتباط مثبت Δt با عملکرد به دلیل تأثیر آن بر هدایت روزنه‌ای و میزان نورساخت بود. دمای خنک سایه‌انداز به‌ویژه در طول دورهٔ پر شدن دانه اثرگذاری‌های مهم فیزیولوژیکی بر پر شدن دانه و عملکرد داشت. در این زمینه یافته‌های Munijal & Rena (2003) نیز سایه‌انداز با دمای خنک در طول دورهٔ پر شدن دانه در گندم را یک اصل مهم فیزیولوژیکی بیان می‌کند. میزان بقایای مختلف باعث بروز اختلاف معنی‌داری بر تفاوت دمای سایه‌انداز با محیط شد (جدول ۳). تفاوت دمای سایه‌انداز با محیط در میزان بقایای ۶۰ و ۳۰ و ۰ درصد به ترتیب ۷-، ۶/۵۴- و ۵/۹۶- درجهٔ سلسیوس به دست آمد (جدول ۶). وجود بقایا در سطح خاک موجب حفظ رطوبت و وضعیت مناسب آب خاک شد که تعرق بیشتر انجام شده، کاهش دمای سایه‌انداز را فراهم کرد و افزون بر این سامانه‌های انتقال مواد فعال‌تر شد و باز بودن مدت بیشتر روزنه‌ها بر نورساخت نیز تأثیر مثبتی داشت. اثرهای متقابل خاک‌ورزی و میزان بقایا بر تفاوت دمای سایه‌انداز با محیط معنی‌دار نشد (جدول ۳). این نتایج با یافته‌های دیگر محققان که اظهار داشتند همبستگی مثبت و معنی‌داری مابین تفاوت دمای سایه‌انداز و دمای هوا با عملکرد دانهٔ گندم دارد، همخوانی داشت (Bilge *et al*., 2008; Rees *et al*., 1993). نتایج آزمایش‌های Hobbs *et al*. (2008) نیز تأکید بر این موضوع دارد که کشت بدون شخم توأم با بقایا نسبت به شخم متداول موجب کاهش هدررفت آب خاک ناشی از تبخیر و تعرق شد و عملکرد افزایش یافت. Gonzalez-Dugo *et al*. (2005) افزایش دمای گیاه را در شرایط کمبود آب اعلام کردند. ارتباط منفی ما بین دمای سایه‌انداز و کاربرد آب توسط Mtui *et al*. (1981) و Stark *et al*. (1991) گزارش شده است. تفاوت دمای

سایه‌انداز و محیط تحت تأثیر عامل‌های محیطی و زیستی (بیولوژیکی) مانند وضعیت آب خاک، سامانه‌های انتقال، سوخت‌وساز گیاه، دمای هوا، رطوبت نسبی و تشعشع قرار می‌گیرد (Reynolds *et al*., 2001).

جدول۳. میانگین مربعات تجزیهٔ واریانس برای صفات اندازه‌گیری‌شده در عملیات خاک‌ورزی و مدیریت بقایا در زمان‌های مختلف

Table 3. Mean- square of variance analysis of measured traits affected by the tillage operation and the crop residues management in different times

S.O.V	df	SPAD reading	RWC*	CTD*
Replication (R)	2	0.801^{ns}	16.48^{ns}	0.601^{ns}
Tillage	2	303.69^{**}	780.87^{**}	15.66^{**}
R × tillage	4	1.22	11.26	0.08
Crop residues	2	9.52^{ns}	304.4^{**}	4.87^{**}
Tillage × crop residues	4	9.81^{ns}	20.7^{ns}	0.24^{ns}
R × tillage × crop residues	12	6.8^{ns}	30.48^{ns}	0.5^{ns}
Time	1	62.08^{*}	3.77^{ns}	6.75^{**}
Time × tillage	2	29.26^{*}	140.01^{*}	1.51^{ns}
R × time × tillage	6	4.87^{ns}	24.21^{ns}	0.61^{ns}
Time × crop residues	2	3.1^{ns}	0.23^{ns}	1.51^{ns}
Time × tillage × crop residues	4	6.83^{ns}	35.69^{ns}	1.19^{ns}
Error	12	7.097	29.14	0.43
CV (%)		6.2	7	10.13

**، *، ns: معنی‌دار در سطح احتمال ۱درصد و ۵درصد، عدم اختلاف معنی‌دار.

.S.O.V: منابع تغییر، df: درجهٔ آزادی، R: تکرار، RWC: محتوای نسبی آب برگ، CTD: تفاوت دمای سایه‌انداز با محیط.

**, *, ns: significant at 0.01 and 0.05; non-significant.

S.O.V: source of variation; df: degrees of freedom; R: replication, RWC: relative water content; CTD: Canopy temperature difference with the environment.

محتوای نسبی آب برگ (RWC)

در روش‌های مختلف خاک‌ورزی، اختلاف معنی‌داری در محتوای نسبی آب برگ مشاهده شد (جدول ۳). بیشترین میزان محتوای نسبی آب برگ در روش بدون شخم با ۸۳ درصد به دست آمد و پس‌ازآن مربوط به کمترین خاک‌ورزی و شخم متداول بود (جدول ۶). محتوای نسبی آب برگ، یک صفت مناسبی از وضعیت آب گیاه برحسب نتیجه یا اثر فیزیولوژیکی کمبود آب یاخته‌ای است. روش بدون شخم به علت ثبات بستر خاک و به کمترین رساندن هدررفت آب و وجود آب قابل‌دسترس بیشتر در خاک باعث تأمین میزان آب بیشتری در برگ شد و میزان پتانسیل آب در برگ افزایش یافت همچنین کاهش فشردگی خاک موجب افزایش تخلخل و فضای بیشتر برای ذخیره‌سازی آب در خاک شد. محتوای نسبی آب برگ بیشتر موجب افزایش هدایت روزنه‌ای و باز بودن روزنه‌ها برای مدت طولانی‌تر و تأمین دی‌اکسید کربن بیشتر و افزایش رشد و شاخص سطح برگ شد. از سوی دیگر سرعت سبز و بسته شدن سریع‌تر سایه‌انداز و پوشش سطح خاک بازدارندهٔ تبخیر سریع آب از سطح خاک بود و مدت بیشتری رطوبت در خاک ذخیره شد. تیمارهای مختلف میزان بقایا باعث بروز اثرهای معنی‌داری در محتوای نسبی آب برگ شد (جدول ۳) به‌طوری‌که با افزایش میزان بقایا از بقایای صفر درصد به بقایای ۶۰ درصد، محتوای نسبی آب برگ ۱۱/۱ درصد افزایش یافت (جدول ۶). بقایای بیشتر موجب کاهش فرسایش، امکان نفوذ بیشتر آب به درون خاک، کاهش رواناب، کاهش تبخیر و حفظ رطوبت و بهبود وضعیت آب در گیاه شد. این نتایج با یافته‌های Baker & Saxton (2007) که اعلام داشتند افزایش آب قابل‌دسترس گیاه نخستین تأثیر شایان‌توجه کشت بدون شخم است و بقایا و حداقل خاک‌ورزی، تبخیر را کاهش و نفوذپذیری را افزایش می‌دهد، همخوانی دارد. همچنین Fanaei *et al*. (2009) نیز بر ارتباط مثبت محتوای نسبی آب برگ با افزایش هدایت روزنه‌ای و عملکرد گندم تأکید کردند که در راستای نتایج این آزمایش است. Govaerts *et al*. (2008)، Ceja-Navarro *et al*. (2010b) و Williams & Wuest (2011) نیز افزایش میزان نفوذپذیری آب در خاک، تعدیل دمای خاک و حفظ بیشتر رطوبت را در خاک‌ورزی حفاظتی (بدون شخم) همراه با حفظ بقایای گیاهی نسبت به شخم متداول بیان داشتند.

فشردگی خاک تأثیر منفی بر نفوذپذیری آب در خاک، رشد ریشه و عملکرد محصول دارد (Safari *et al.*, 2014). پتانسیل آب برگ و محتوای نسبی آب برگ به‌طور معنی‌داری به علت کمبود آب کاهش یافت (Pasban-Eslam *et al.*, 2000).

خواندن SPAD (SPAD values)

تیمارهای مختلف روش‌های خاک‌ورزی باعث بروز اثرهای معنی‌داری در خواندن SPAD شد (جدول ۳). به‌طوری‌که در روش بدون شخم بیشترین خواندن SPAD با ۴۷/۳۵ و کمترین آن در خاک‌ورزی متداول با ۳۹/۹۷ به دست آمد. خواندن SPAD در روش بدون شخم نسبت به کمینهٔ شخم ۱۷ درصد و نسبت به شخم متداول ۱۸/۵ درصد بیشتر بود (جدول ۶). در تیمار بدون شخم به هم نزدن خاک باعث حفظ رطوبت، کاهش تبخیر و دسترسی به آب بیشتر موجب تسریع در جوانه‌زنی و استقرار گیاه و رشد بهتر ریشه شد که بر رشد قسمت‌های هوایی نیز مؤثر بود. قسمت‌های هوایی نیز با تأمین بهتر نیازهای ریشه موجب رشد و توسعه سریع‌تر ریشه‌ها و جذب آب و مواد غذایی شد. همچنین تأمین آب و دمای مطلوب‌تر در خاک و سایه‌انداز موجب افزایش هدایت روزنه‌ای و افزایش نورساخت شد. فعالیت مناسب‌تر آنزیم‌های مربوطه و تعادل بهتر مابین عناصر غذایی، ایجاد نشدن تنش و دوام سطح برگ، باعث افزایش میزان سبزینه شد. میزان مختلف بقایا و همچنین اثرات متقابل خاک‌ورزی و میزان بقایا بر خواندن SPAD معنی‌دار نبود (جدول ۳). نتایج به‌دست‌آمده با یافته‌های Fanaei *et al.* (2009) که اظهار داشتند ارتباط معنی‌دار و مثبتی مابین خواندن SPAD و عملکرد دانه وجود داشت، همخوانی دارد.

تشعشع جذب‌شده

تأثیر روش‌های متفاوت خاک‌ورزی بر میزان تشعشع جذب‌شده در تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری را نشان داد ولی اثرهای متقابل خاک‌ورزی و میزان بقایا بر میزان تشعشع جذب‌شده معنی‌دار نشد (جدول ۵). تشعشع جذب‌شده در تیمارهای شخم متداول، کمینهٔ شخم و بدون شخم به ترتیب ۷۸/۵۲، ۸۳/۰۸ و ۹۰/۲۲ درصد بود (جدول ۶). در روش بدون شخم، به هم نزدن خاک باعث حفظ رطوبت و آب قابل‌دسترس بیشتر در خاک شد. دمای مناسب سایه‌انداز و خاک، تسریع در جوانه‌زنی و سبز شدن و رشد گیاه را به دنبال داشت. استقرار و بسته شدن سریع‌تر سایه‌انداز موجب امکان جذب بیشتر تشعشع توسط سایه‌انداز فراهم و میزان هدررفت آن کاهش یافته و از نور استفادهٔ بیشتر و بهتری شد. جذب بیشتر تشعشع موجب افزایش میزان نورساخت و تولید شد و این خود باعث توسعهٔ بیشتر سطح برگ شد و سطح برگ بیشتر موجب جذب بیشتر تشعشع شد. با افزایش میزان بقایا، اختلاف معنی‌داری در میزان تشعشع جذب‌شده مشاهده شد (جدول ۵). در میزان بقایای بیشتر، درصد تشعشع جذب‌شده افزایش یافت به‌طوری‌که در تیمار بقایای ۶۰ درصد نسبت به تیمار بقایای ۳۰ درصد، ۴ درصد و نسبت به تیمار بدون بقایا، ۷ درصد افزایش در تشعشع جذب‌شده مشاهده شد (جدول ۶). حفظ بقایای بیشتر با جلوگیری از برخورد تشعشع زیاد به سطح خاک باعث کاهش تبخیر از سطح خاک، افزایش آب قابل‌دسترس گیاه و توسعهٔ سطح برگ شد که این امر جذب بیشتر تشعشع را به همراه داشت. در این زمینه Hobbs *et al.* (2008) نیز در آزمایش ده سالهٔ خود اعلام کردند در کشت بدون شخم نسبت به شخم متداول زمان استقرار گیاه به کمترین رسید و عملکرد بالاتری داشت. استقرار سریع‌تر و رشد بهتر موجب بسته شدن سریع‌تر سایه‌انداز شد که خود موجب شد درصد کمتری از تشعشع به پایین سایه‌انداز رسیده و امکان جذب بیشتر تشعشع توسط سایه‌انداز فراهم شود. در این رابطه Oconnell *et al.* (2004) اظهار داشتند مدیریت زراعی در ایجاد فرصت برای گیاه در جذب بیشتر تشعشعات فعال نورساختی مؤثر است. تشعشع فعال نورساختی جذب‌شده عامل اصلی تعیین رشد در گندم است (Abbate *et al.*, 1997).

سطح برگ پرچم

تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر سطح برگ پرچم معنی‌دار شد (جدول۴). سطح برگ پرچم در تیمارهای

بدون شخم، کمینهٔ شخم و شخم متداول به ترتیب ۲۶/۳، ۲۲/۸ و ۲۱/۸ سانتی‌مترمربع بود (جدول۶). تأثیر میزان بقایای مختلف و اثرهای متقابل خاک‌ورزی و میزان بقایا نتوانست اثر معنی‌داری بر سطح برگ پرچم داشته باشد (جدول ۴). کاهش فشردگی خاک، افزایش نفوذپذیری، افزایش فعالیت ریز جانداران (میکروارگانیسم‌ها) و کرم‌های خاکی، ازدیاد خلل و فرج و کاهش تبخیر از سطح خاک موجب بهبود وضعیت آب و کیفیت خاک شد. آب قابل‌دسترس بیشتر موجب افزایش هدایت روزنه‌ای و تبادل بیشتر گازهای درون‌یاخته‌ای شد که خود باعث افزایش نورساخت، رشد و افزایش سطح برگ بود. افزایش شاخص سطح برگ و سطح برگ پرچم نیز موجب افزایش دریافت تشعشع توسط پوشش گیاهی و افزایش نورساخت و رشد شد. این نتایج با یافته‌های Singh *et al.* (1995) که اعلام داشتند ارتباط مثبت و معنی‌دار مابین سطح برگ پرچم و عملکرد دانهٔ گندم وجود دارد، برابر است. در این زمینه Kashif & Khaliq (2004) نیز ارتباط مابین سطح برگ پرچم با عملکرد دانهٔ گندم را مثبت ولی غیر معنی‌دار گزارش کردند.

پتانسیل آب برگ

روش‌های مختلف خاک‌ورزی موجب بروز اختلاف معنی‌داری بر پتانسیل آب برگ شد (جدول ۴). پتانسیل آب برگ در روش‌های بدون شخم، کمینهٔ شخم و شخم متداول به ترتیب ۱۱/۱۹-، ۱۲/۳۵- و ۱۳/۱۶- بار بود (جدول ۶). در روش کشت متداول به هم زدن خاک و تبخیر آب بیشتر از سطح آن، میزان آب کمتری را در خاک فراهم کرد اما در روش بدون شخم ثبات سطح خاک موجب حفظ رطوبت و کاهش تبخیر شد و میزان آب بیشتری نسبت به روش متداول برای گیاه قابل‌دسترس بود که پتانسیل آب برگ آن از روش شخم متداول بیشتر شد. تأثیر میزان بقایای مختلف و اثرهای متقابل خاک‌ورزی و میزان بقایا بر پتانسیل آب برگ معنی‌دار نشد (جدول ۴). Sapkota *et al.* (2014) کاربرد آب کمتر را درکشت بدون شخم گندم نسبت به شخم متداول گزارش کردند. کاربرد آب کمتر موجب حفظ رطوبت و تأمین آب قابل‌دسترس بیشتری برای گیاه شده است. این نتایج با یافته‌های Safari *et al.* (2014) نیز که در بررسی نظام‌های مختلف خاک‌ورزی اظهار داشتند کشت بدون شخم نسبت به دیگر نظام‌های خاک‌ورزی بیشترین میزان رطوبت خاک را دارد، همخوانی دارد. در این زمینه Mathew *et al.* (2012) بر تأثیر عملیات شخم در ظرفیت نگهداری آب خاک تأکید کرده‌اند. نتایج دیگر محققان نیز بر حفظ بیشتر رطوبت در خاک‌ورزی حفاظتی و افزایش آب قابل‌دسترس تأکید دارند (Baker & Saxton, 2007; Govaerts; *et al.*, 2008; Ceja-Navarro *et al.*, 2010b; Wuest & Williams, 2011). پتانسیل آب برگ گندم می‌تواند تحت تأثیر گونه، مرحلهٔ رشدی و یا محیط (مدیریت) قرار گیرد (Sato *et al.*, 2006). تحقیقات نشان داد در شرایط بدون تنش، پتانسیل آب برگ گندم کمتر از ۱/۸۷- مگاپاسکال نبود (Choudhury & Idso, 1985).

جدول۴. میانگین مربعات تجزیهٔ واریانس برای صفات اندازه‌گیری‌شده در عملیات خاک‌ورزی و مدیریت بقایا

Table 4. Mean- square of variance analysis of measured traits affected by the tillage operation and the crop residues management

S.O.V	df	Yield	Flag leaf area	Leaf water potential
R	2	77761.5 ^{ns}	10.314 ^{ns}	0.029 ^{ns}
Tillage	2	717501.28*	50.25**	8.83**
Main error	4	65666	1.723	0.265
Crop residues	2	1202185.59**	1.84 ^{ns}	1.08 ^{ns}
Tillage × crop residues	4	100428.1^{ns}	3.96 ^{ns}	0.62 ^{ns}
Sub error	12	140695.9	6.03	0.41
CV (%)		5.68	2.45	5.26

**، *، ns: معنی‌دار در سطح احتمال ۱درصد و ۵درصد، عدم اختلاف معنی‌دار.

S.O.V: منابع تغییر، df: درجهٔ آزادی، R: تکرار.

**, *, ns: significant at 0.01 and 0.05; non-significant.

S.O.V: source of variation; df: degrees of freedom; R: replication.

جدول۵. میانگین مربعات تجزیهٔ واریانس برای تشعشع جذب‌شده در عملیات خاک‌ورزی و مدیریت بقایا در زمان‌های مختلف

Table 5. Mean- square of variance analysis of intercepted radiation affected by the tillage operation and the crop residues management in different times

S.O.V	df	Percentage of intercepted radiation
Replication (R)	2	5.5^{ns}
Tillage	2	939.62^{**}
R × tillage	4	2.18
Crop residues	2	217.33^{**}
Tillage × crop residues	4	15.77^{ns}
R × tillage × crop residues	12	10.81
Time	2	78.57^{**}
Time × tillage	4	22.65^{*}
R × time × tillage	12	13.79^{*}
Time × crop residues	4	8.31^{ns}
Time × tillage × crop residues	8	14.29^{*}
Error	24	5.99
CV (%)		2.9

**، *، ns: معنی‌دار در سطح احتمال ۱درصد و ۵درصد، عدم اختلاف معنی‌دار.

.S.O.V: منابع تغییر، df: درجهٔ آزادی، R: تکرار.

**, *, ns: significant at 0.01 and 0.05; non-significant.

S.O.V: source of variation; df: degrees of freedom; R: replication.

جدول ۶. میانگین عملکرد دانه و صفات اندازه‌گیری‌شده در عملیات خاک‌ورزی و میزان مختلف بقایا

Table 6. Results of the mean comparison tests of measured traits and grain yield affected by the tillage and crop residues treatments

Treatments	Yield ($kg.ha^{-1}$)	RWC* (%)	CTD* (ºC)	SPAD reading	LWP* (bar)	FLA* (cm^2)	IR* (%)
CT	6376.9 b	69.99 c	-5.51 c	39.97 b	-13.16 b	21.8 b	78.52 c
NT	6912.2 a	83 a	-7.36 a	47.35 a	-11.19 c	26.3 a	90.22 a
MT	6488.8 b	78.26 b	-6.64 b	40.54 b	-12.35 b	22.8 b	83.08 b
NR	6255.2 b	72.61 b	-5.96 b	42.01 a	-12.49 a	24.06 a	81.26 c
R30	6541.9 b	77.95 a	-6.54 a	42.43 a	-12.37 a	23.68 a	83.65 b
R60	6980.8 a	80.7 a	-7 a	43.42 a	-11.83 a	23.16 a	86.91 a

میانگین‌های با حروف همسان در یک ستون در سطح احتمال ۵ درصد بنا بر آزمون دانکن معنی‌دار نیستند. CT: شخم متداول، NT: بدون شخم، MT: کمینهٔ شخم، NR: بدون بقایای گیاهی، R30: ۳۰ درصد بقایای گیاهی، R60: ۶۰ درصد بقایای گیاهی، RWC: محتوای نسبی آب برگ، CTD: تفاوت دمای سایه‌انداز با محیط، LWP: پتانسیل آب برگ، FLA: سطح برگ پرچم، IR: تشعشع جذب‌شده.

Means with the same letters are not significant at the level of 0.05 (Duncan Test).

* CT: conventional tillage; NT: no tillage; MT: minimum tillage; NR: no residues; R30: 30% residues; R60: 60 % residues; *RWC: relative water content of leaf; CTD: Canopy temperature difference with the environment; LWP: Leaf water potential; FLA: Flag leaf area; IR: intercepted radiation.

شاخص سطح برگ

روش‌های مختلف خاک‌ورزی باعث بروز تفاوت معنی‌داری در شاخص سطح برگ در مراحل آغازین طویل شدن ساقه (۱۱۴ روز پس از کاشت)، طویل شدن ساقه (۱۴۹ روز پس از کاشت)، ظهور سنبله (۱۸۱ روز پس از کاشت) و پر شدن دانه (۲۱۱ روز پس از کاشت) شد (جدول ۷). بیشینه شاخص سطح برگ در روش بدون شخم در مرحلهٔ ظهور سنبله ۴/۳۹ به دست آمد (شکل ۱). تیمارهای مختلف میزان بقایا نیز باعث بروز اثرهای معنی‌داری در شاخص سطح برگ در مراحل آغازین طویل شدن ساقه، طویل شدن ساقه، ظهور سنبله و پر شدن دانه شد. اما روش‌های مختلف خاک‌ورزی و میزان مختلف بقایا موجب بروز تفاوت معنی‌داری در مراحل دو تا سه برگی و آغاز پنجه‌زنی نشدند (جدول ۷). بیشترین شاخص سطح برگ در مرحلهٔ ظهور سنبله و در میزان بقایای ۶۰ درصد با ۴/۲۸ اندازه‌گیری شد (شکل ۲).

اثرهای متقابل روش‌های خاک‌ورزی و میزان بقایا بر شاخص سطح برگ در مراحل آغازین طویل شدن ساقه، طویل شدن ساقه، ظهور سنبله و پر شدن دانه در برخی تیمارها تفاوت معنی‌داری را نشان داد (جدول ۸). ولی در مراحل دو تا سه برگی و آغاز پنجه‌زنی معنی‌دار نبود و میانگین شاخص سطح برگ در مرحلهٔ دو تا سه برگی ۰/۱۶۶ و در مرحلهٔ آغاز پنجه‌زنی ۰/۳۸۳ بود.

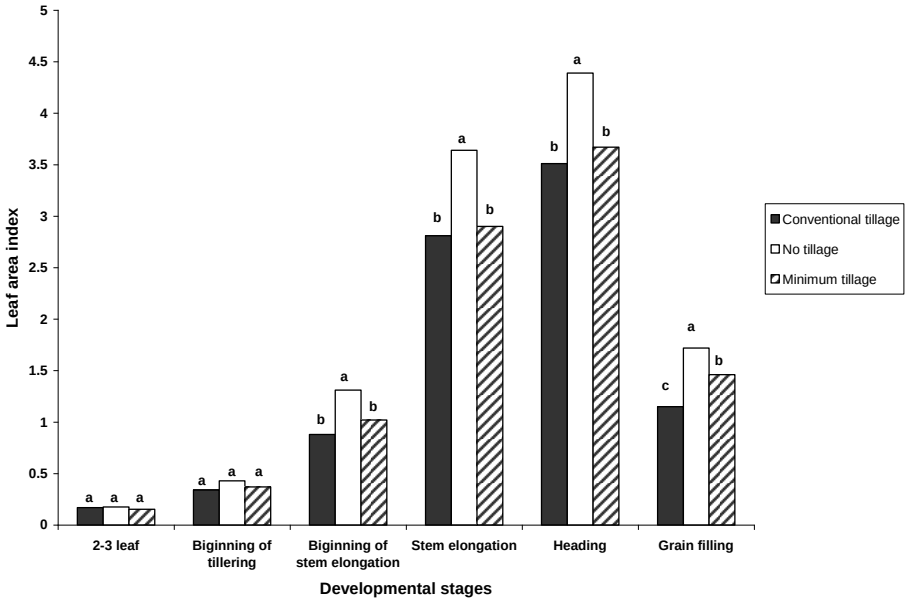
جدول ۷. میانگین مربعات تجزیهٔ واریانس برای شاخص سطح برگ در عملیات خاک‌ورزی و مدیریت بقایا در مراحل رشدی

Table 7. Mean- square of variance analysis of leaf area index affected by the tillage operation and the crop residues management in developmental stages

S.O.V	df	Developmental stages			Grain filling
		Beginning of stem elongation	Stem elongation	Heading	
Replication (R)	2	0.024 ^{ns}	0.082 ns	0.112 ^{ns}	0.009 ^{ns}
Tillage	2	0.438**	1.904**	1.972**	0.749**
Main error	4	0.021	0.113	0.08	0.018
Crop residues	2	0.1*	1.464**	1.23**	0.128**
Tillage × crop residues	4	0.117**	1.246**	0.349**	0.225**
Sub error	12	0.024	0.074	0.062	0.018
CV (%)		14.5	8.7	6.4	9.3

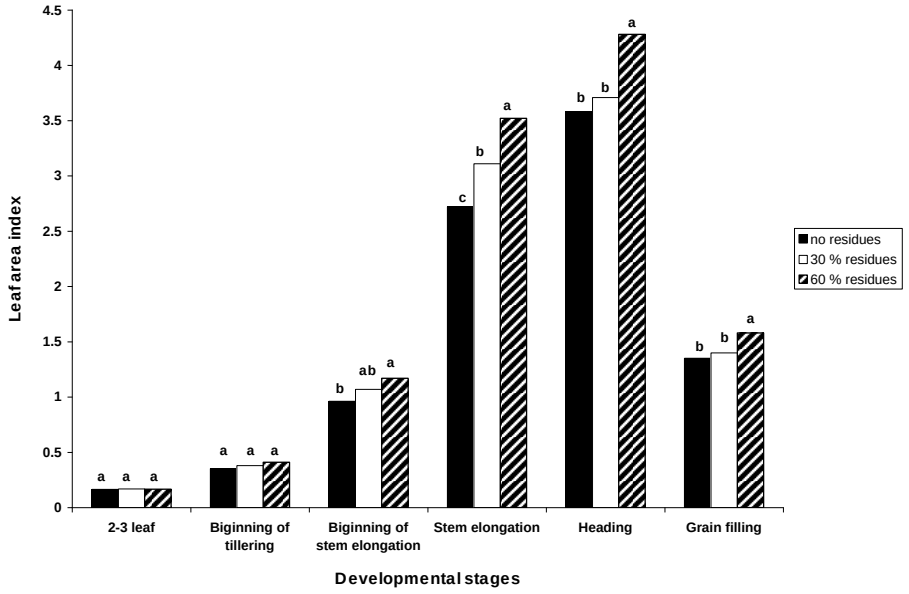
**, *, ns: significant at 0.01 and 0.05; non-significant. **، *، ns: معنی‌دار در سطح احتمال ۱درصد و ۵درصد، عدم اختلاف معنی‌دار.

S.O.V: source of variation; df: degrees of freedom; R: replication .S.O.V: منابع تغییر، df: درجهٔ آزادی، R: تکرار.



شکل ۱. تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر شاخص سطح برگ

Figure 1. The effect of different tillage methods on leaf area index



شکل ۲. تأثیر مدیریت بقایای گیاهی بر شاخص سطح برگ

Figure 2. The effect of crop residues management on leaf area index

جدول ۸. میانگین اثرهای متقابل عملیات مختلف خاک‌ورزی و مدیریت بقایا بر شاخص سطح برگ در مراحل رشدی
Table 8. Results of interactive effects of the mean comparison tests of leaf area index affected by the tillage operation and the crop residues treatments in developmental stages

Treatments		Developmental stages			
		Beginning of stem elongation	Stem elongation	Heading	Stem elongation
CT	NR	0.62 d	1.92 e	2.84 e	0.95d
	R30	0.94 bcd	2.75 cd	3.38 de	0.87 d
	R60	1.08 bc	3.76 ab	4.31 ab	1.62 ab
NT	NR	1.23 b	3.81 a	4.32 ab	1.66 ab
	R30	1.16 bc	3.88 a	4.2 abc	1.71 a
	R60	1.55 a	3.25 bcd	4.65 a	1.8 a
MT	NR	1.04 bc	2.42 de	3.6 cd	1.44 bc
	R30	1.12 bc	2.71 de	3.54 cd	1.61 abc
	R60	0.89 cd	3.56 abc	3.87 bcd	1.32 cd

میانگین‌های با حروف همسان در یک ستون در سطح احتمال ۵ درصد بنا بر آزمون دانکن معنی‌دار نیستند.

CT: شخم متداول، NT: بدون شخم، MT: کمینهٔ شخم، NR: بدون بقایای گیاهی، R30: ۳۰ درصد بقایای گیاهی، R60: ۶۰ درصد بقایای گیاهی، RWC: محتوای آب نسبی برگ، CTD: تفاوت دمای سایه‌انداز با محیط، LWP: پتانسیل آب برگ، FLA: سطح برگ پرچم، IR: تشعشع جذب‌شده.

Means with the same letters are not significant at the level of 0.05 (Duncan Test).

* CT: conventional tillage; NT: no tillage; MT: minimum tillage; NR: no residues; R30: 30 % residues; R60: 60 % residues

افزایش نفوذپذیری، شرایط مطلوب رطوبتی در خاک، موجب بهبود وضعیت پتانسیل آب گیاه شد. افزایش هدایت روزنه‌ای، افزایش نورساخت، رشد و توسعهٔ برگ‌ها و توسعهٔ بیشتر و سریع‌تر سایه‌انداز جامعهٔ گیاهی، افزایش توانایی گیاه برای جذب نور و کاهش هدررفت نور را به دنبال داشت. این نتایج با گزارش Verhulst *et al*. (2011) که بیان داشتند در مقایسهٔ درازمدت شخم متداول و بدون شخم با مدیریت بقایا در تناوب ذرت-گندم، گندم در بدون شخم با حفظ بقایا سرعت رشد و عملکرد بیشتری داشت، همخوانی دارد. آنان همچنین خاک‌ورزی، تناوب و مدیریت بقایا را بر رشد و نمو مؤثر دانستند. کمبود آب منجر به کاهش شاخص سطح برگ شده و شاخص سطح برگ کاهش‌یافته برابر با جذب کمتر نور است (Oconnell *et al*., 2004). محدودهٔ شاخص سطح سبز برای گندم ۲/۳ تا ۳/۶ بوده است (Gregory & Eastham, 1996).

عملکرد دانه

عملکرد دانهٔ تولیدی در روش‌های مختلف خاک‌ورزی معنی‌دار شد (جدول ۴). روش بدون شخم بیشترین میزان عملکرد دانه را داشت که ۶/۵ درصد بیشتر از عملکرد در روش کمینهٔ شخم و ۸/۴ درصد بیش از شخم متداول بود (جدول ۶). با توجه به کاهش هزینهٔ تولید شامل آماده‌سازی، انرژی و ... در روش بدون شخم، در صورت افزایش نیافتن تولید نیز، این روش می‌تواند توجیه داشته باشد. به دلیل نیاز به زمان برای احیاء و بهبود کیفیت خاک، مادهٔ آلی خاک، فعالیت ریزجانداران، تخلخل و ...، نبود افزایش زیاد در عملکرد در سال‌های اولیه، منطقی به نظر می‌رسد و حتی در صورت مساوی بودن عملکرد نیز بدون شخم مزیت نسبی بیشتری دارد. در روش بدون شخم کاهش تردد ماشین‌ها و ادوات کشاورزی، کاهش فشردگی، افزایش تخلخل و همچنین به هم نزدن خاک و کاهش پودر شدن خاک، سله بستن کمتر و ذخیرهٔ آب بیشتر موجب تسریع در جوانه‌زنی، سبز، استقرار گیاه و شاخص سطح برگ بیشتر شد. همچنین این روش شرایط مناسب‌تری را برای فعالیت ریزجانداران و جانداران خاکی فراهم کرد و موجب استفادهٔ بهتر از منابع تولید توسط گیاه در روش بدون شخم و افزایش عملکرد شد. تیمارهای مختلف میزان بقایا نیز باعث بروز اثرهای معنی‌داری در عملکرد دانه شدند (جدول۴). بیشترین میزان عملکرد دانه مربوط به تیمار با بقایای ۶۰ درصد به میزان ۶۹۸۰/۸ کیلوگرم بود. هر چند ما بین میزان بقایای ۳۰ درصد و بدون بقایا اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد اما میزان عملکرد در بقایای ۳۰ درصد به میزان ۴/۶ درصد بیشتر از بدون بقایا بود (جدول ۶). حفظ بقایا در سطح خاک موجب تعدیل دمای خاک شد. همچنین موجب حفظ رطوبت و مانع تبخیر از سطح خاک و آب

قابل‌دسترس بیشتر برای گیاه شد و باعث تسریع در جوانه‌زنی و استقرار و رشد سریع‌تر شد. تخلخل و تهویهٔ مطلوب‌تر خاک و رشد بهتر ریشه‌ها و حفظ بقایا شرایط را برای فعالیت ریزجانداران و کرم‌های خاکی فراهم کرد و موجب بهبود وضعیت مواد آلی شد. نفوذپذیری خاک افزایش و فرسایش کاهش یافت. وجود بقایا، بازدارندهٔ تغییرپذیری شدید دمایی در سطح خاک شد و از آسیب سرمازدگی و تنش سرمایی کاست. Verhulst *et al*. (2012) و Thierfelder & Wall (2010) گزارش کردند کشاورزی حفاظتی و کشت بدون شخم به‌طور معنی‌داری منجر به افزایش شاخص‌های کیفی خاک، فعالیت‌های زیستی، تنوع و فراوانی کرم‌های خاکی و قارچ‌ریشه (مایکوریزا) نسبت به شخم متداول شد. افزایش فعالیت‌های زیستی شرایط مناسب‌تری برای رشد ریشه‌ها را فراهم می‌سازد. ارتباط معنی‌داری مابین نظام کشت و حاصلخیزی وجود دارد (Sestera *et al*., 2014). آزمایش‌های Mathew *et al*. (2012) نشان داد بدون شخم و شخم کاهش‌یافته به‌طور معنی‌داری میزان مادهٔ آلی بیشتری در مقایسه با نظام شخم متداول داشتند. نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق با یافته‌های بسیاری از محققان که گزارش کردند خاک‌ورزی حفاظتی و بدون شخم همراه با حفظ بقایا روی سطح خاک منجر به افزایش عملکرد گندم در مقایسه با شخم متداول شد، همخوانی دارد (Tarkalsona *et al*., 2006; Verhulst *et al*., 2011; Mohamadi *et al*., 2010; Gathala *et al*., 2014).

نتیجه‌گیری کلی

کاهش خاک‌ورزی و به‌ویژه بدون شخم همراه با حفظ بقایای بیشتر روی سطح خاک با رعایت تناوب می‌تواند افزون بر کاهش تردد ماشین‌ها و ادوات کشاورزی و هزینه‌های تولید با بهبود وضعیت رطوبتی و دمایی برای گیاه موجب شرایط مناسب‌تر رشدی و استفادهٔ بهینه از منابع را فراهم کرده و باعث افزایش عملکرد شود. این بررسی پیشنهاد می‌کند که کاربرد روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی و به‌ویژه بدون شخم همراه با حفظ بقایای بیشتر روی سطح خاک اثرات مثبتی بر عملکرد و ویژگی‌های فیزیولوژی گندم دارد. افزایش خاک‌ورزی و حذف بقایا عملکرد و ویژگی‌های فیزیولوژیکی را به‌طور معکوس در مقایسه با کاهش خاک‌ورزی و افزایش بقایا تحت تأثیر قرار می‌دهد. با توجه به تغییرپذیری شدید اقلیمی و تنش‌های گرمایی و رطوبتی و به‌منظور کاهش اثرگذاری‌های منفی کشاورزی متداول، روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی و مدیریت بقایا و تناوب راهی برای احیاء منابع و پایداری در تولید است.

REFERENCES

1. Abbate, P. E., Andrade, F. H., Culot, J. P. & Bindraban, P. S. (1997). Grain yield in wheat: effects of radiation during spike growth period. *Field Crops Research,* 54, 245-257.
2. Baker, C. J. & Saxton, K. E. (2007). No-tillage seeding in conversation agriculture.2nd edu. from http://www.fao.org/docrep/012/al298e/al298e.htm.
3. Bilge, B., Yildirim, M., Barutcular, C. & Genc, I. (2008). Effect of canopy temperature depression on grain yield and yield components in bread and durum wheat. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 36, 34-37.
4. Caviglia, O. P., Sadras, V. O. & Andrade, F. H. (2004). Intensification of agriculture in the south-eastern pampas capture and efficiency in the use of water and radiation in double-cropped wheat–soybean. *Field Crops Research*, 87, 117-129.
5. Ceja-Navarro, J.A., Rivera, F.N., Patiño-Zúñiga, L., Govaerts, B., Crossa, J., Marsch, Dendooven, L. & Vila-Sanjurjo, A. (2010b). Phylogenetic and Multivariate Analyses to Determine the Effects of Different Tillage and Residue Management Practices on Soil Bacterial Communities. *Applied and Environmental Microbiology*, 76, 3685-3691.
6. Ceja-Navarro, J.A., Rivera, F.N., Patiño-Zúñiga, L., Govaerts, B., Marsch, R., Vila-Sanjurjo, A. & Dendooven, L. (2010a). Molecular characterization of soil bacterial communities in contrasting zero tillage systems. *Plant Soil*, 329, 127-137.
7. Choudhury, B. L. & Idso, S. B. (1985). Evaluating plant and canopy resistances of fieldgrown wheat from concurrent diurnal observations of leaf water potential, stomatal resistance, canopy temperature and evapotranspiration flux. *Journal of Agriculture and Forest Meteorology*, 34, 67-76.

8. Fanaei, H.R., Galavi, M., Kafi, M. & Ghanbari Bonjar, A. (2009). Amelioration of water stress by potassium fertilizer in two oilseed species. *International Journal of Plant Production*, 3 (2). 41-54.
9. Friedrich, T., Derpsch, R. & Kassam, A. (2012). Overview of the global spread of conservation agriculture adoption. *Field action science reports*, from http://www.rolf-derpsch.com/en/dissemination.
10. Fuentes, M., Govaerts, B., Hidalgo, C., Etchevers, J., González-Martín, I., Hernández-Hierro, J.M., Sayre, K.D. & Dendooven, L. (2010). Organic carbon and stable 13C isotope in conservation agriculture and conventional systems. *Soil Biology and Biochemistry*, 42, 551-557.
11. Gathala, K., Timsina J., Saiful Islam, M. D., Mahbubur Rahman, M. D., Israil Hossain, M. D., Harun-Ar-Rashid, M. D., Ghosh, A. K., Krupnik, T. J., Tiwari, T. P. & McDonald, A. (2014). Conservation agriculture based tillage and crop establishment optionscan maintain farmers' yields and increase profits in South Asia'srice–maize systems: Evidence from BangladeshMahesh. *Field Crops Research*, 172, 85-98.
12. Gonzalez, L. & Gonzalez-vilar, M. (2001). Determination of relative water content. In: Roger MJR (Ed) Handbook of plant ecophysiologytechniques, *Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Nederlands,* 207-212.
13. Gonzalez-Dugo, M.P., Moran, M.S., Mateos, L. & Bryant, R. (2005). Canopy temperature variability as an indicator of crop water stress severity. *Irrigation Science*, 24(4), 233-240.
14. Govaerts, B., Mezzalama, M., Sayre, K. D., Crossa, J., Lichter, K., Troch, V., Vanherck, K., Corte, P.D. & Deckers, J. (2008). 'Long-term consequences of tillage, residue management, and crop rotation on selected soil micro-flora groups in the subtropical highlands', *Applied Soil Ecology*, 38, 197-210
15. Govaerts, B., Sayre, K. D., Goudeseune, B., Corte, P. D., Lichter, K., Dendooven, L. & Deckers, J. (2009). Conservation agriculture as a sustainable option for the central Mexican highlands. *Soil and Tillage Research*, 103, 222-230.
16. Gregory, P. J. & Eastham, J. (1996). Growth of shoots and roots, and interception of radiation by wheat and lupin crops on a shallow, duplex soil in response to time of sowing. *Austeralia Journal Agriculture Research*, 47, 427-435.
17. Hobbs, P. R., Sayre, K. & Gupta, R. (2008). The role of conservation agriculture in sustainable agriculture. *Philosophical Transactions of the Rroyal Society*, from http://www.rstb.royalsocietypublishing.org/subscriptions.
18. Kashif, M. & Khaliq, I. (2004). Heritability, correlation and path coefficient analysis for some metric traits in wheat. . *International Journal* of *Agriculture Biology*, 6, 138-142.
19. Marongwe, L.S., Kwazira, K., Jenrich, M., Thierfelder, C., Kassam, A. & Friedrich, T. (2011). An African success: the case of conservation agriculture in Zimbabwe. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 9(1), 153-161.
20. Mathew, R., Feng, Y., Githinji, L., Ankumah, R. & Balkcom, K. (2012). Impact of no-tillage and conventional tillage systems on soil microbial communities. *Applied and Environmental Soil Science*. from http://www.hindawi.com/journals/aess/2012/548620.
21. Mohamadi, K. H., Nabiallahi, K., Aghaalikhani, M. & Khormali, F. (2010). Evaluation effect tillage systems on soil physical properties and rainfed wheat yield and yield components. *Iranian Journal of Plant Production Research*, 16 (4). 77-91.
22. Mtui, T.A., Kanemasu, E. T. & Wassom, C. (1981). Canopy temperatures, water use, and water use efficiency of corn genotypes. *Agronomy Journal*, 73, 639-643.
23. Munijal, R. & Rena, R. K. (2003). Evaluation of physiological traits in wheat (*Triticum aestivum* L.) for terminal high temperature tolerance. Proceedings of the tenth international wheat genetics symposium, poestum. *Italian Journal of Classical and Molecular Breeding*, 2, 804-805.
24. Oconnel, M.G., Oleary, G.J., Whitfield, D.M. & Connor, D.J. (2004). Interception of photosynthetically active radiation and radiation use efficiency of wheat field pea and mustard in a semi arid environment. *Field Crops Research*, 85, 111-124.
25. Ortiz, C., Sayre, K. D., Govaerts, B., Gupta, R., Subbarao, G. V., Ban, T., Hodson, D., Dixon, J. M., Ortiz-Monasterio, J. I. & Reynolds, M. (2008). Climate change: Can wheat beat the heat?. *Journal of Agriculture, Ecosystems and Environment*, 126, 46-58.
26. Passban Eslam, B., Shkiba, M. R., Neshabori, M. R., Moghaddam, M. & Ahmadi, M. R. (2000). Effects of water stress on quality and quantity characteristics of rapeseed. *Journal of Agriculture Science*, 10, 75-85.
27. Patiño-Zúñiga, L., Ceja-Navarro, J.A., Govaerts, B., Luna-Guido, M., Sayre, K.D. & Dendooven, L. (2009). The effect of different tillage and residue management practices on soil characteristics, inorganic N dynamics and emissions of N_2O, CO_2 and CH_4 in the central highlands of Mexico: a laboratory study. *Journal of Plant Soil*, 314, 231-241.

28. Purcell, L. C. (2000). Soybean canopy closure and light interception measurements using digital imagery. *Crop Science*, 40, 834-837.
29. Rees, D., Sayre, D., Acevedo, E., Nava sanchez, T., Lu, Z., Zeiger, E. & Limon, A. (1993). Canopy temperature of wheat: Relationship with yield and potential as a technique for early generation selection. October 1993. Wheat special report NO.10.Mexico, DF: CIMMYT. From: http://cimmyt.org.
30. Reynolds, M.P. & Borlaug, N.E. (2006). Applying innovations and new technologies for international collaborative wheat improvement. *Journal of Agriculture Science*, 144, 95-110.
31. Reynolds, M. P., Nagarajan, S. Razzaque, M. A. & Ageeb, O.A.A. (2001). Breeding for adaptation to environmental factors, heat tolerance. CIMMYT, Mexico, DF, 124-135. from http://cimmyt.org.
32. Rosyara, U.R., Vromman, D. & Duveiller, E. (2008). Canopy temperature depression as an indication of correlative measure of spot blotch resistance and heat stress tolerance in spring wheat. *Journal of Plant Pathology*, 90 (1), 103-107.
33. Safari, A., Asodar, M.A., Ghaseminejad, M. & Abdalimashhady, E. (2014). Effect reserve residue, conventional tillage systems and seeding on soil physical properties and wheat yield. *Iranian Journal of Agriculture Science and Stability Production*, 23(2), 49-59.
34. Sapkota, J.R.K., Singh, T.B., Jat, R.G., Kumar, M.L. & Gupta, R.K. (2014). Seven years of conservation agriculture in a rice–wheat rotation of Eastern Gangetic Plains of South Asia: Yield trends and economic profitability. *Field Crops Research*, 164, 199-210
35. Sato, T., Abdalla, O.S., Oweis, T.Y. & Sakuratani, T. (2006). The Validity of predawn leaf water potential as an irrigation-timing indicator for field-grown wheat in northern Syria. *Journal of Agriculture Water Management*, 82, 223-236.
36. Sestera, M., Ravelosonb, H., Tharreauc, D. & Dusserrea, J. (2014). Conservation agriculture cropping system to limit blast disease in upland rainfed rice. *Plant Pathology*, 63, 373-381.
37. Singh, K.N., Singh, S.P. & Singh, G.S. (1995). Relationship of physiological attributes with components in bread wheat (*Triticum aestivum* L) under rainfall condition. *Journal of Agriculture Science Digest*, 15, 11-14.
38. Stark, J.C., Pavek, J.J. & Mccann, I.R. (1991). Using canopy temperature measurements evaluate drought tolerance potato genotypes. *Journal of America Society Horticultural Science*, 116(3), 412-415.
39. 39-Tarkalsona, D.D., Hergertb, G.W. & Cassman, K.G. (2006). Long-term effects of tillage on soil chemical properties and grain yields of a dryland winter wheat sorghum/corn-fallow rotation in the great plains. *Agronomy Journal*, 98, 26-33.
40. Thierfelder, C. & Wall, P. C. (2010). Rotation in conservation agriculture systems of Zambia: Effects on soil quality and water relations. *Experimental Agriculture*, 46(3), 309-325.
41. Van Ittersum, M. K., Howden, S, M. & Asseng, S. (2003). Sensitivity of productivity and deep drainage of wheat cropping system in a mediterranean environment to changes in CO_2 temperature and precipitation. *Journal of Agriculture Ecosystems and Environment*, 97, 255-273.
42. Verhulst, N., Govaerts, B., Nelissen, V., Sayre, K.D., Crossa, J., Raes, D. & Deckers, J. (2011). The effect of tillage, crop rotation and residue management on maize and wheat growth and development evaluated with an optical sensor. *Field Crops Research*, 120, 58-67.
43. Verhulst, N., Govaerts, Sayre, K.D., Sonder, K., Romero-Perezgrovas, R., Mezzalama, M. & Dendooven, L. (2012). Conservation agriculture as a means to mitigate and adapt to climate change, a case study from Mexico. Climate Change Mitigation and Agriculture. Earthscan, Oxon, 237-300. From: http://www. teca.fao.org/sites/default/files/news.
44. Verhulst, N., Kienle, F., Sayre, K.D., Deckers, J. & Raes, D. (2010). Soil quality as affected by tillage-residue management in a wheat-maize irrigated bed planting system. *Journal of Plant Soil*, 340, 453-466.
45. Williams, J.D. & Wuest, S.B. (2011). Tillage and no-tillage conservation effectiveness in the intermediate precipitation zone of the inland Pacific Northwest, United States. *Journal of Soil and Water Conservation*, 66(4), 242-249.

Iranian Journal of Filed Crop Science, Vol. 47, No. 2, Summer 2016

Effects of conventional and conservation tillage with management residue on wheat (*Triticum aestivum* L) physiological properties

Abolfazl Fallah Heravi[1*], Hamid Abbasdokht[2], Ahmad Zarea Feizabadi[3] and Ahmad Gholami[4]
1, 2, 4. Ph.D. Student and Associate Professors, Faculty of Agriculture, University of Shahrood, Iran
3. Professor, Agricultural and Natural Resources Research Center of Mashhad, Iran
(Received: Jun. 28, 2015 - Accepted: Nov. 30, 2015)

ABSTRACT

In order to study the effects of conventional and conservation tillage with management residue on wheat physiological properties, a field experiment was conducted in 2013-2014 at Mashhad Agricultural and Natural Resources Research Center of Razavi Khorasan province. This experiment was carried out as split plot design based on a randomized complete block design with three replications. Main plots included tillage systems: 1) conventional tillage, 2) reduced tillage and 3) no tillage; subplots were management residue: 1) 0%, 2) 30% and 3) 60% residue. The results showed that tillage systems had significant effect on relative water content (RWC), the difference between canopy temperature and air temperature (Δt), SPAD reading, Flag leaf area (FLA), Leaf water potential (ΨW) and Radiation interception (RI). The highest RWC (83%), Δt (-7.36 c^o), SPAD (47.35), FLA (26.3 cm^2), ΨW (-11.19 bar) and RI (90.22%) were detected in no-tillage method. Residue management had significantly different on RWC, Δt and RI traits, but no significant effect on SPAD reading, Flag leaf area (FLA), leaf water potential (ΨW) was detected. The highest grain yields were obtained under no-till (6912.2 kg/ha) and 60% residue treatment (6980.8 kg/ha). It is concluded that conservation tillage with more aboveground residue could improve wheat yield and some of physiological properties (RWC, Δt, SPAD reading, FLA, ΨW and RI).

Keywords: Canopy temperature, no-tillage, radiation, relative water content, wheat.

* Corresponding author E-mail: falahheravi@yahoo.com Tel: +98 915 5074392